

包埋硝化菌载体深度脱氮及其配套装置中试试验研究

胡雪帅^{1,2}, 赵雪莲², 刘希强², 王凯², 杨庆¹, 刘金泉^{2*}

(1. 兰州交通大学环境与市政工程学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 桑德集团有限公司, 北京 101102)

摘要:为推进包埋微生物载体技术在污水处理领域的工程应用, 针对包埋载体在工程应用中出现的出水易堵塞问题, 开发出一体化拦截设备进行现场载体深度处理及拦截试验。研究了包埋硝化菌载体应用于污水深度处理的效果, 考察了拦网和自清洗出水拦截装置的运行稳定性, 有效解决了载体易流失、出水拦截装置易堵塞等问题。结果表明, 常规水处理条件下包埋硝化菌载体对氨氮具有较好的去除能力, 深度处理出水氨氮在 1 mg/L 以下, 出水 COD 在 30 mg/L 以下, 出水 SS 值小于 10 mg/L。拦截设备具有高效拦截的能力, 滚筒拦截设备运行可靠。

关键词:包埋固定化载体; 出水拦截; 深度处理。

中图分类号: X703.3

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2018)07-0176-04

DOI: 10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2018.07.040

Pilot test on deep nitrification of embedded nitro bacteria carriers and matching equipment

HU Xue-shuai^{1,2}, ZHAO Xue-lian², LIU Xi-qiang², WANG Kai², YANG Qing¹, LIU Jin-quan^{2*}

(1. School of Environmental and Municipal Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China;

2. Sound Group Co., Ltd., Beijing 101102, China)

Abstract: To promote engineering applications of the embedded microorganism carriers (EMC) technology in sewage treatment, an integrated interceptor is developed and used in the deep treatment of spot carriers and intercepting test, aiming to solve the problem that the effluent is easy to be blocked when the embedded carriers are applied in the engineering. The application effect of the embedded nitro bacteria carriers in the deep treatment of wastewater is studied, and the stabilities of the blocking network and self-cleaning water interceptor are investigated, which can solve effectively the problems such as the easy loss of carriers and the easy blockage of water interceptor. The results show that the embedding immobilized bacterium carrier has a good ability to remove ammonia nitrogen under conventional water treatment conditions. After deep treatment, the concentrations of ammonia nitrogen, COD and SS in effluent are below 1 mg·L⁻¹, 30 mg·L⁻¹ and 10 mg·L⁻¹, respectively. The interceptor has an ability to intercept effectively, and the roller interceptor can run reliably.

Key words: embedding immobilized carrier; intercepting effluent; deeply treating

自 20 世纪 70 年代起, 国外固定化技术就已开始应用于水处理行业^[1]。日立公司包埋硝化菌载体的硝化脱氮技术已广泛应用于西浦下水处理厂及宗像终末处理厂等多家污水处理厂, 然而因其价格十分昂贵, 限制了该技术在我国污水处理市场的推广应用。目前国内对固定化载体的合成及应用已有大量的实验研究, 类似于包埋载体产品及配套设备的工程应用在国内还不够成熟。

我国城镇污水处理厂大都采用活性污泥法(氧化沟、SBR、A/O 或 A²/O)生物处理工艺。活性污泥法与其他工艺相比具有投资费用少、运行费用低、系统结构简单、适应性强、运行稳定等优点。但随着国家污水排放标准的不断提高, 对污水中氮、磷等污染物质的排放要求也相应提高。为了达到良好的脱氮

除磷效果, 可采用投加填料或载体的方式^[2], 以提高反应池内的生物量, 在不扩大池容的条件下实现污水的达标排放。投加填料和载体的工艺虽能保证处理效果, 但相应的也出现了一系列的问题, 如何实现高效出水拦截便是其中一项主要难点。目前, 类似产品在实际应用中, 通常采用孔径小于填料和载体尺寸的拦网, 或采用带孔眼的平板, 此技术对于尺寸较大的悬浮填料而言, 可以达到截留的目的, 但对于尺寸只有 3~5 mm 的包埋载体而言, 孔径相对更小, 容易堵塞, 造成出水不畅, 故单独采用孔径小于 3 mm 拦网作为拦截装置截留载体是不可行的。此次中试试验针对这一问题设计出滚筒出水拦截设备并对设备的运行可靠性及载体的深度处理效果进行了研究。

收稿日期: 2017-12-24

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07318-001)

作者简介: 胡雪帅(1990-), 男, 硕士生; 刘金泉(1978-), 男, 博士, 教授级高级工程师, 研究方向为水污染治理, 通讯联系人, hdluijq@126.com。

1 研究内容及目的

课题将包埋载体工艺用于深度处理,在投加包埋载体的反应池中设置出水旋转筛网拦截装置,并对旋转筛网转速进行优化,重点针对拦截装置应用过程中的影响因素进行控制,主要包括进水水质、拦截装置的各项机械参数等,实现拦截装置的稳定运行。在保证出水 COD、氨氮等达标的前提下,实现载体的高效出水拦截。全面考察硝化菌包埋载体的脱氨氮效果及其必须的配套设备的可行性。

2 包埋硝化菌载体及拦截设备的反应器设计

2.1 包埋硝化菌载体

包埋硝化菌载体取自北京桑德环境有限公司 500 m³/a 包埋载体生产车间,外观呈边长为 3~5 mm 的浅灰白至浅黄色的弹性立方体,密度为 1.02 g/cm³,压缩强度抽样检查在 0.41~0.47 MPa 之间机械性能良好^[3]。

2.2 包埋硝化菌载体反应器

反应器设计处理规模 50 m³/d,总水力停留时间 4 h。

隔离拦截装置采用双面不锈钢滤网拦截装置,滚筒不锈钢滤网拦截装置。包埋载体反应器及高效出水拦截装置如图 1 所示。

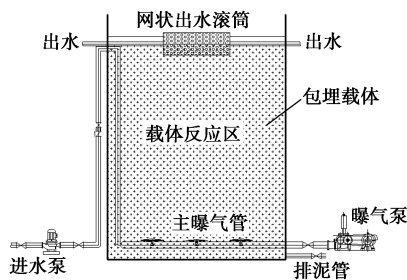


图 1 反应器主体示意图

反应器取污水处理厂曝气池出水作为进水,进水经过毛发过滤器将大于 2 mm 的颗粒物质、漂浮物及毛发纤维等物质截留下来,经提升泵提升至生化池内,污水进入好氧池,池内设有气动搅拌装置,将污水与池中包埋载体混合均匀。池体底部曝气装置为池内的微生物提供必须的溶氧并在包埋硝化菌载体的作用下强化污水的脱氨氮功能。混合反应后,顶部清水经旋转筛网流出,设置两端出水,滚筒两端均有出水口。

反应器采用带承托板的膜片式微孔曝气装置,

污水流态属于完全混合式,重点考虑保证载体不破损流失的情况下载体的截留效果。出水拦截装置设置在顶部,材质不锈钢圆筒状筛网形式,单孔尺寸为 2 mm,钢板厚度 2 mm,圆筒两端设置出水管和穿孔管清洗设备。进水管设置调节阀门及流量计,流量调整 2 m³/h,运行稳定后,不断增加进水流量,载体投加比为 10%,溶氧控制在 3~5 mg/L,连续运行 60 d。

3 包埋载体拦截及自清洗中试试验研究

3.1 试验进水水质、检测项目及检测方法

3.1.1 试验进水水质

以某市政污水处理厂好氧池出水为水样来源,进水水质指标如表 1 所示。

表 1 进水水质指标 mg/L

| 水质指标 | 变化范围 | 典型值 |
|---------------------------------|--------------|-------|
| COD | 18.11~145.10 | 52.90 |
| NH ₄ ⁺ -N | 3.11~10.15 | 5.70 |
| NO ₂ ⁻ -N | 0.02~0.89 | 0.08 |
| NO ₃ ⁻ -N | 0.35~5.95 | 1.77 |

3.1.2 检测项目及方法

检测项目及检测方法如表 2 所示。

表 2 检测项目及检测方法

| 分析项目 | 分析方法 |
|---------------------------------|-------------------|
| COD _{Cr} | 重铬酸钾法 |
| NH ₄ ⁺ -N | 纳氏试剂分光光度法 |
| NO ₂ ⁻ -N | N-(1-萘基)-乙二胺光度法 |
| NO ₃ ⁻ -N | 紫外分光光度法 |
| SS | 重量法 |
| pH、DO、温度 | HQ30D 便携式多参数水质分析仪 |

3.2 试验结果及分析

3.2.1 包埋硝化菌载体设备进出水氨氮、硝态氮、亚硝态氮的变化情况

实验中包埋硝化菌载体与污水均匀混合,处于完全流化状态。

(1) 系统中氨氮浓度的变化

试验系统的进水为某污水处理厂曝气池出水,从图 2 中可以看出,在系统运行的初期,系统出水氨氮浓度几乎相等甚至略高于进水氨氮浓度,这跟载体本身含有氨氮成分有一定关系。载体活化期微生物未适应当前的水质,硝化菌生长不活跃,导致对氨氮的降解效率波动较大,也有可能是温度较低,不适宜微生物生长^[4]。随着时间的推移,出水中氨氮的

浓度逐渐降低,第 15 d 左右,出水中氨氮去除率达 54.1%。系统的进水氨氮较低,维持在 3.1 ~ 10.2 mg/L,平均浓度为 5.7 mg/L。进入稳定期的出水氨氮浓度非常稳定,经包埋硝化菌载体处理后,对氨氮的去除基本维持在 85%以上,出水中氨氮浓度几乎一直在 1 mg/L 以下。本次试验进水水质较好,进水氨氮基本已经达到排放标准,但在此基础上对其进行处理,包埋载体仍然有较好效果,说明包埋硝化菌载体用于深度处理中仍具有较强的去除能力。

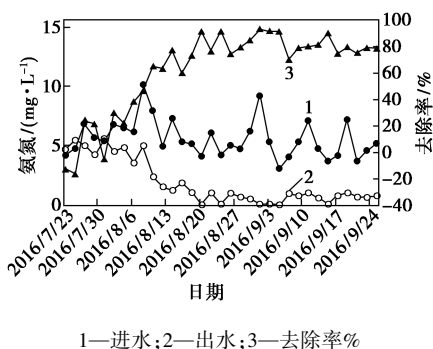


图 2 设备运行过程中进出水氨氮的变化

(2) 系统中亚硝氮浓度的变化

设备运行过程中进出水亚硝氮的变化如图 3 所示。

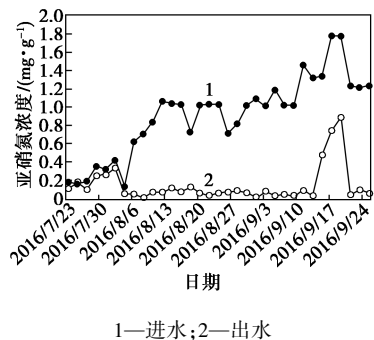
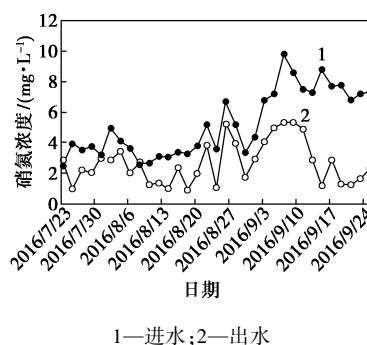


图 3 设备运行过程中进出水亚硝氮的变化

(3) 系统中硝氮浓度的变化

设备运行过程中进出水硝氮的变化如图 4 所示。

出水中亚硝酸盐的生成率变化过程与出水中氨氮的去除率过程正好相同呈正相关性。DO 是影响硝酸盐和亚硝酸盐的主要原因,DO 高污染物氧化比较充分,产生的硝酸盐含量高;当 DO 比较低时,氧气含量比较低,产生的亚硝酸盐相对较多。由于水中 DO 值含量有限,当污染物含量较高时,虽然增加曝气但是 DO 达到界限值,也会产生缺氧现象,这时的氧化也会产生较多亚硝酸盐。反应器中亚硝酸



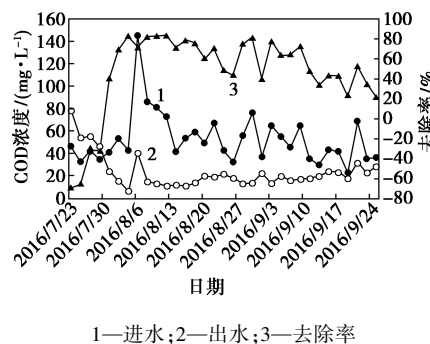
1—进水;2—出水

图 4 设备运行过程中进出水硝氮的变化

盐氮的浓度基本维持在 2.0 mg/L 以下,运行初期,系统中几乎检测不到亚硝酸盐,提高负荷运行以后,亚硝酸盐的浓度随着进水氨氮浓度的变化而稍有波动,但整体低于 2.0 mg/L,因此可以看出,硝化反应过程中氨氮基本都转化成了硝酸盐氮,亚硝酸盐很难累积,说明包埋硝化菌载体对氨氮具有较好的去除效果。

3.2.2 包埋硝化菌载体设备进出水 COD 的变化情况

对进出水 COD 进行测定,隔天取进出水水样测定 1 次,实验结果如图 5 所示。



1—进水;2—出水;3—去除率

图 5 设备运行过程中进出水 COD 的变化

由图 5 可以看出,开始运行初期,由于刚投加包埋载体,载体并没有完全活化,几乎没有去除效果,部分出水 COD 数量值甚至高于进水 COD 数量值,这可能是由于载体活化过程中携带一定数量的有机物,导致出水浓度变高,但随着驯化时间的延长,出水 COD 浓度逐渐趋于稳定,并且 COD 的去除率最高可达 77.5%。进水 COD 变化对 COD 去除情况影响不大,进水的波动也对 COD 降解无明显影响。

实验中,由于保证了系统内充足的溶解氧,传质较为充分,即使系统内增殖的异养菌需要消耗部分溶解氧,也没有影响到硝化作用的进行,因此系统对氨氮的去除率维持在较高的水平之上,充足的溶氧情况下异养菌浓度会有所不足,系统对 COD 的去除

效果只能保持在一定的程度范围。包埋硝化菌颗粒对 COD 的去除率基本稳定在 20%~80%,远低于对氨氮的去除效果,但对于深度处理出水的 COD 均为 10~30 mg/L 来看,包埋硝化菌颗粒对 COD 仍有较好的处理效果。出水 COD 中基本上为不可生物降解或难以生物降解物质,其中一部分为生物难降解物质;另外还包括一些微生物吸收分解有机物时产生的中间产物以及细胞物质内源代谢产生的残留物质等。也有学者认为是有机物的降解达到平衡状态时的平衡浓度。

3.2.3 包埋硝化菌载体设备进出水 SS 的变化

由图 6 可以看出,出水 SS 值基本在 10 mg/L 以下,包埋硝化菌载体对于 SS 的去除有限,但在深度处理中,对 SS 也起到一定的去除作用;另一方面,上流式出水以及高效拦截出水装置对 SS 的去除也有作用。

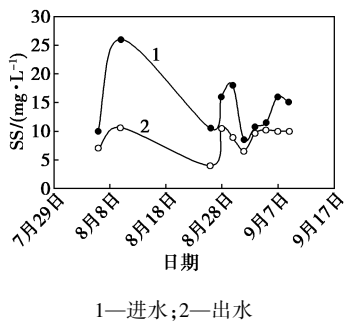


图 6 设备运行过程中进出水 SS 的变化

3.2.4 不同停留时间对出水拦截装置的影响

设计进水流量为 2 m³/h,调整进水流量为 4、6、8、10、12、16 m³/h,观察拦截出水装置运行情况。对比进水流量为 2、4 m³/h 时,旋转拦截装置液面在转筒中心线位置,进水流量为 6、8 m³/h,液面在中心线偏上位置,进水流量为 10、12 m³/h 时,转筒浸没面积变大,进水流量为 16 m³/h 时,转筒几乎浸没 2/3,液位明显上升,2 条出水管几乎是满流出水,由此判断旋转拦截装置最大过水流量为 16 m³/h,是设计进水负荷的 8 倍。

由图 7 可看出,泥水混合物与纯污水相比较,最大流量下,泥水混合物液位上升,但仍可以有效拦截并无堵塞出水,只是最大进水量降低,试验测试泥水混合物进水量为 12 m³/h 为最大进水量,是设计进水负荷的 6 倍。旋转拦截装置的转速用变频器控制,转速过快将导致载体颗粒挂在转筒表面,最佳转速为 3 r/min,转速越慢,拦截装置越不容易附着悬浮物质。

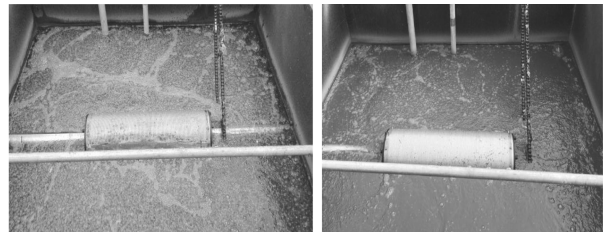


图 7 污水与泥水混合物最大流量下拦截效果

运行 10 d 左右,拦截装置被微生物附着,导致孔板堵塞,液位升高,严重影响出水水量。因此需增加清洗装置,本实验中清洗装置主要是高压水冲洗,将出水用高压泵抽吸至主管,管侧设置同等间距的喷嘴,对拦截装置进行冲击清洗,冲洗水量为 8 L/min,冲洗时间为 10~15 min。冲洗效果较明显且冲洗频率及冲洗时间也有较强的再现性。

4 结论

通过本课题的研究,对包埋硝化菌载体的深度处理以及包埋硝化菌载体工程应用拦截及自清洗装置有了更全面的理解和了解,结论如下。

(1)包埋硝化菌载体用于深度处理对 COD、氨氮、SS 均有去除效果,在没有活性污泥的环境下短时间内可降解大部分氨氮,出水氨氮稳定在 1 mg/L 以下,COD 为 10~30 mg/L,出水 SS 值小于 10 mg/L,达到了《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 A 标准

(2)高效拦截装置拦截孔板单孔尺寸为 2 mm,钢板厚度 2 mm。在拦截滚筒最佳转速 3 r/min,最大允许通过污水水量为 16 m³/h,泥水混合物最大允许通过水量 12 m³/h 的条件下拦截设备未出现堵塞,处理负荷是设计负荷的 6~8 倍,运行稳定可靠。当液位升高时开启自清洗装置,7~10 d 清洗一次,冲洗水量为 8 L/min,冲洗时间为 10~15 min。滚筒出水拦截装置具有高效的拦截能力,能较好地解决载体易流失、出水拦截装置易堵塞问题。

参考文献

- [1] Rostron W M, Stuckey D C, Young A A. Nitrification of high strength ammonia wastewaters: Comparative study of immobilization media [J]. Water Res, 2011, 35(5): 1169-1178.
- [2] 王翥田,叶亮,张新彦,等. MBBR 工艺用于无锡芦村污水处理厂的升级改造[J]. 中国给水排水, 2010, 26(2): 71-73.
- [3] 李宗慧,刘金泉,赵雪莲,等. 包埋微生物载体的结构与性能研究[J]. 现代化工, 2012, 32(11): 45-47.
- [4] 赵雪莲,李宗慧,刘金泉,等. 硝化菌包埋载体活化性能研究[J]. 现代化工, 2014, 34(2): 74-77. ■